

DUM č. 3 v sadě

10. Fy-1 Učební materiály do fyziky pro 2. ročník gymnázia

Autor: Vojtěch Beneš

Datum: 04.03.2014

Ročník: 1. ročník

Anotace DUMu: Dokument je souborem cvičení z fyziky pokrývající témata struktura a vlastnosti plynů, práce plynu, kruhový děj a tepelné motory. Je určen k samostatné domácí přípravě žáků.

Materiály jsou určeny pro bezplatné používání pro potřeby výuky a vzdělávání na všech typech škol a školských zařízení. Jakékoliv další využití podléhá autorskému zákonu.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vlastnosti plynů – cvičení

Metodické pokyny

Dokument je souborem cvičení z fyziky pokrývající témata struktura a vlastnosti plynů, práce plynu, kruhový děj a tepelné motory. Je určen k samostatné domácí přípravě žáků.

Určeno pro 2. ročník čtyřletého gymnaziálního studia.

Tato sada příkladů navazuje na soubor věnovaný výpočtům látkového množství a tepelným procesům. Samostatnému počítání příkladů by měl předcházet výklad v hodině doplněný experimenty a vzorově řešenými příklady. Proto je v úvodní části dokumentu nadepsané „Vlastnosti plynů – příklady“ zařazena šestice úloh bez výsledků, které řeší po probrání určité kapitoly učitel u tabule. Sadu příkladů lze taktéž použít během teoretických cvičení, pokud jsou v rozvrhu zařazena, přičemž po kratičkém úvodním přehledu žáci počítají samostatně, učitel pomáhá těm, kteří jsou v nesnázích.

Jedná se o výběr cvičení, které autor považuje za základ, který by měl dobrý student zvládnout. Cvičení nebyla opsána z učebnic či sbírek, ale nově vytvořena tak, aby co nejlépe doplňovala autorův výklad v hodinách. Snahou nebylo vymyslet co nejoriginálnější a nejzapeklitější příklady, ale naopak poskytnout základní problémy k procvičování probrané látky.

Autor usiloval o to, aby byla jednotlivá cvičení správně seřazena, totiž od lehčího k těžšímu, a aby zvládnutý problém v jednom cvičení byl pokud možno použit a rozšířen v některém z následujících. Je třeba poznamenat, že v současné době existuje několik velmi obsáhlých sbírek příkladů, které ovšem nerespektují výše zmíněnou pedagogickou zásadu. Často také množství příkladů k dispozici (desítky v jedné kapitole) žáky od počítání odradí. Autor se snažil udělat kompromis mezi kvalitou zvládnutí učiva a časovou náročností na domácí přípravu žáků.

Schémata vytvořil autor.

Příklady 2) a 3) ze sekce Kruhový děj byly převzaty z fyzikální olympiády.

Vlastnosti plynů – Příklady

- 1) Místnost o rozměrech $8m \times 5m \times 3m$ je naplněna vzduchem, který má teplotu $22\text{ }^\circ\text{C}$ a tlak 10^5 Pa . Molární hmotnost vzduchu (směs N_2 a O_2) je přibližně $28,9\text{ g/mol}$. Určete
 - a) počet N molekul v místnosti,
 - b) hustotu vzduchu ρ .
- 2) Během dopoledne se teplota vzduchu zvýšila z $6\text{ }^\circ\text{C}$ na $14\text{ }^\circ\text{C}$. O kolik % se při tom zvětší objem 1 m^3 vzduchu? Děj probíhá za konstantního tlaku.
- 3) Plyn o původním tlaku $p_1 = 10^5\text{ Pa}$, teplotě $t_1 = 25\text{ }^\circ\text{C}$ a objemu $V_1 = 20\text{ l}$ adiabaticky expanduje na objem $V_2 = 35\text{ l}$. Jedná se o ideální plyn tvořený dvouatomovými molekulami, $\kappa = 1,4$. Vypočítejte tlak p_2 a teplotu t_2 ve finálním stavu.
- 4) Vypočítejte střední kvadratickou rychlost molekul O_2 v této místnosti.
- 5) Plyn o látkovém množství $0,2\text{ mol}$ expanduje při konstantním tlaku 10^5 Pa z objemu 4 l na objem 6 l . Určete práci vykonanou plynem, změnu jeho vnitřní energie a dodané teplo.
- 6) Spálením paliva v motoru se při jednom cyklu uvolnilo teplo $1,8\text{ kJ}$ a výfukovými plyny přešlo do okolí teplo $1,2\text{ kJ}$. Vypočítejte práci vykonanou motorem a jeho účinnost. Vypočítejte výkon tohoto motoru při $2\text{ }400$ otáčkách za minutu.

Vlastnosti plynů – Cvičení

Stavová rovnice

- 1) Jaký objem zaujímá $1,0\text{ g}$ oxidu uhličitého při teplotě $21\text{ }^\circ\text{C}$ a tlaku $1,0\text{ kPa}$?
[$55,6$ litrů]
- 2) Ve válcové nádobě o vnitřním průměru 20 cm a výšce 30 cm je dusík N_2 o hmotnosti 160 g a teplotě $27\text{ }^\circ\text{C}$. Jak velkou tlakovou silou působí plyn na dno nádoby?
[$47,5\text{ kN}$]
- 3) **Divná konstanta.** Vypočítejte molární objem (v litrech na mol) ideálního plynu
 - a) za normálních podmínek $p = 1,00\text{ atm}$, $t = 0\text{ }^\circ\text{C}$,
 - b) v laboratoři při tlaku $p = 1,00\text{ bar}$, $t = 20\text{ }^\circ\text{C}$.[$22,4\text{ l/mol}$; $24,4\text{ l/mol}$]
- 4) Určete molární hmotnost plynu, který má při tlaku 98 kPa a teplotě $0\text{ }^\circ\text{C}$ hustotu $8,64 \cdot 10^{-2}\text{ kg/m}^3$. Co je to za plyn?
[2 g/mol , vodík H_2]
- 5) Jak se změní objem ideálního plynu, jestliže se jeho termodynamická teplota zvětší dvakrát a jeho tlak vzroste o 25% ?
[zvýší se o 60% ($V_2 = 1,6 V_1$)]
- 6) **Bublinka.** U dna rybníka Brčálníka v hloubce 10 m vypustil Rákosníček bublinku. Bublinka pomalu stoupá k hladině. Určete, kolikrát se zvětší její objem, když teplota u dna je $4\text{ }^\circ\text{C}$, u hladiny $16\text{ }^\circ\text{C}$, atmosférický tlak má hodnotu 1 atm . Předpokládáme, že plyn v bublince má stále teplotu okolní vody.
[$2,05$ krát]

Děje s ideálním plynem

- 1) **Víšně v rumu.** Skleničku s lahůdkovou zavařeninou zavíráme víčkem při tlaku 1 bar a teplotě 20 °C. Jaký vznikne uvnitř skleničky tlak, budeme-li kompot vařit při teplotě 100 °C? (jedná se o izochorický ohřev)
[1,27 bar]
- 2) **Tlak měříme před jízdou.** Pneumatiky u auta řádně napumpujeme vzduchem o teplotě 20 °C na tlak 2,2 atm (jedná se o přetlak vůči p_{at}). Během jízdy se jejich teplota zvýší o 30 °C. Jaký tlak bychom naměřili ihned po zastavení vozidla? Objem pneumatiky považujte za neproměnný.
[přetlak 2,53 atm]
- 3) Během izobarické komprese se teplota snížila o 10 °C a objem poklesl na 80 % původní hodnoty. Určete počáteční a konečnou teplotu v K a °C.
[$T_1 = 50 \text{ K} = -223 \text{ °C}$, $T_2 = 40 \text{ K} = -233 \text{ °C}$]
- 4) **Aby nám dobře jelo.** Stlačování vzduchu při pumpování kola se dá považovat (pokud nejste příliš pomalí) za adiabatickou kompresi. Nasajeme vzduch při tlaku 1 atm a teplotě 15 °C. Objem zmenšíme na $\frac{1}{4}$ původní hodnoty. Vypočítejte tlak stlačeného vzduchu a jeho teplotu. Vzduch je tvořen dvouatomovými molekulami.
[$p_2 = 7,05 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $T_2 = 501 \text{ K}$, ve skutečnosti není děj přísně adiabatický – ohřev stěn pumpy]

Rychlost molekul

- 1) Při jaké teplotě by se pohybovaly molekuly dusíku střední kvadratickou rychlostí 1 000 km/h?
[506 °C]
- 2) Přímým dosazením ověřte, že univerzální plynová konstanta $R = N_A \cdot k_B$. S využitím tohoto vztahu
 - a) přepište stavovou rovnici pomocí N a k_B ,
 - b) najděte vyjádření vnitřní energie plynu v závislosti na látkovém množství n ,
 - c) odvoďte závislost tlaku plynu na v_k ,
 - d) odvoďte závislost vnitřní energie na tlaku a objemu.Tyto vzorce se dají odvodit, nemusíme si je proto pamatovat. ☺

$$[pV = Nk_B T, U = \frac{3}{2} nRT \text{ pro jednoatomový a } U = \frac{5}{2} nRT \text{ pro dvouatomový plyn, } p = \frac{Nm_0 v_k^2}{3V},$$

$$U = \frac{3}{2} pV, \text{ resp. } U = \frac{5}{2} pV \text{ pro dvouatomový plyn (odsud je vidět, že } 1 \text{ Pa} = 1 \text{ J/m}^3\text{)]}$$

- 3) Vzduch v obývacím pokoji má tlak 100 kPa, objem 100 m³ a teplotu 300 K. Vypočítejte vnitřní energii U plynu v této místnosti.
[25 MJ]

Práce plynu

Uvažujme jednoatomový ideální plyn o látkovém množství 0,5 mol, který při teplotě 325 K a tlaku 90 kPa zaujímá objem 15 l. Určete práci vykonanou plynem W , změnu jeho vnitřní energie ΔU a dodané teplo Q , jestliže plyn

- 1) se izochoricky ohřeje na teplotu 350 K,
- 2) je izobaricky stlačován na objem 10 l,
- 3) adiabaticky expanduje na objem 20 l.

[1) $W = 0$, $\Delta U = +156 \text{ J}$, $Q = +156 \text{ J}$; 2) $W = -450 \text{ J}$, $T_2 = 217 \text{ K}$, $\Delta U = -673 \text{ J}$, $Q = -1123 \text{ J}$; 3) $Q = 0$, $T_2 = 268 \text{ K}$, $\Delta U = -355 \text{ J}$, $W = +355 \text{ J}$]

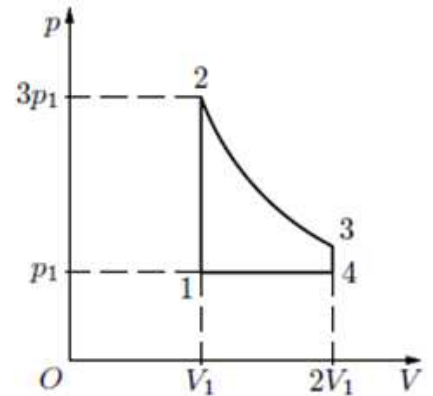
Kruhový děj

- 1) Vypočítejte maximální teoretickou účinnost motoru, který spaluje palivo při teplotě 2 500 °C a jehož výfukové páry mají teplotu 700 °C.

[72 %]

- 2) V p-V diagramu je znázorněn kruhový děj pro $n = 1$ mol ideálního plynu s dvouatomovými molekulami. Teplota T_1 je 300 K. Děj 2-3 je izotermický. Určete teplo vyměněné s okolím a práci plynu spotřebovanou nebo vykonanou plynem pro každý jednotlivý děj a vypočítejte účinnost kruhového děje 12341. Vnitřní energie

$$U = \frac{5}{2}nRT, \text{ Poissonova konstanta } \kappa = 1,4. \text{ (Fyzikální olympiáda)}$$



- 3) Činnost benzínového motoru modelujeme kruhovým dějem, při kterém je vzduch jako pracovní látka o počátečním objemu $V_1 = 571 \text{ cm}^3$, počátečním tlaku $p_1 = 100 \text{ kPa}$ a počáteční teplotě $t_1 = 20 \text{ °C}$ (stav 1) nejprve adiabaticky stlačen na objem $V_2 = 71 \text{ cm}^3$ (stav 2). Pak se izochorickým ohřátím jeho tlak zvětší na $p_3 = 2,5p_2$ (stav 3). Následuje adiabatická expanze na původní objem (stav 4) a izochorické ochlazení na původní tlak (návrat do stavu 1).

- a) Doplňte tabulku a sestrojte p -V diagram kruhového děje.
 b) Určete látkové množství a hmotnost použitého vzduchu.
 c) Určete celkovou práci při jednom cyklu a účinnost motoru při popsaném kruhovém ději.

Stav	V/cm^3	p/kPa	T/K
1	571	100	
2	71		
3	71		
4	571		

Vzduch považujte za ideální plyn o relativní molekulové hmotnosti $M_r = 28,96$.

Vnitřní energie $U = 2,5nRT$. Pro adiabatický děj ve vzduchu platí Poissonův zákon ve tvaru $pV^{1,4} = \text{konst.}$

(Fyzikální olympiáda)

[15,2 %]

Příklady 2) a 3) na kruhový děj jsou trochu těžší, jejich vyřešení na samostatném papíře bude odměněno jedničkou navíc.